

(51) Int.Cl.⁷
G 0 1 N 25/72

識別記号

F I
G 0 1 N 25/72テーマコード(参考)
K 2 G 0 4 0

審査請求 未請求 請求項の数6 ○ L (全7頁)

(21) 出願番号 特願2000-10662(P2000-10662)

(22) 出願日 平成12年1月19日(2000.1.19)

(71) 出願人 000006208

三菱重工株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 栗田 耕一

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号
三菱重工株式会社広島研究所内

(72) 発明者 村井 亮介

広島県広島市西区観音新町四丁目6番22号
三菱重工株式会社広島研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

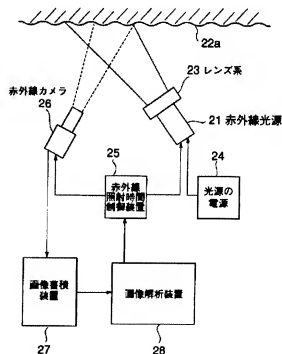
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 構造物の内部欠陥検出装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、定量的な評価ができ、検査に要するコストを大幅に低減でき、さらに従来と比べて深い欠陥の検査ができることを課題とする。

【解決手段】構造物に光を照射して構造物の内部欠陥を検出する装置において、赤外線を高集束22に照射する赤外線光源21と、この赤外線光源21と電氣的に接続する赤外線照射時間制御装置25と、前記赤外線照射時間制御装置25と電氣的に接続され、前記赤外線光源21により照射された構造物を撮影する赤外線カメラ26と、前記赤外線カメラ26に電氣的に接続され、カメラ26で撮影した画像を蓄積する画像蓄積装置27と、前記赤外線照射時間制御装置25、画像蓄積装置27に夫々電氣的に接続され、前記画像蓄積装置27で蓄積した画像を解析する画像解析装置28とを具備することを特徴とする構造物の内部欠陥検出装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 構造物に赤外線を照射して構造物の内部欠陥を検出する装置において、

赤外線を構造物に照射する赤外線光源と、この赤外線光源と電気的に接続する赤外線照射時間制御装置と、前記赤外線照射時間制御装置と電気的に接続され、前記赤外線光源により照射された構造物を撮影する撮影器と、前記撮影器に電気的に接続され、撮影器で撮影した画像を蓄積する画像蓄積装置と、前記赤外線走査時間制御装置、画像蓄積装置に夫々電気的に接続され、前記画像蓄積装置で蓄積した画像を解析する画像解析装置とを具備することを特徴とする構造物の内部欠陥検出装置。

【請求項2】 少なくとも前記赤外線光源及び撮影器を搭載する移動用車両を具備することを特徴とする請求項1記載の構造物の内部欠陥検出装置。

【請求項3】 構造物に赤外線を照射して構造物の内部欠陥を検出する装置において、

赤外線を構造物に照射する赤外線光源と、前記赤外線光源により照射された構造物を撮影する撮影器と、前記光源及び撮影器を搭載する移動車と、前記撮影器で撮影した画像を蓄積する画像蓄積装置と、前記画像蓄積装置に夫々電気的に接続され、前記画像蓄積装置で蓄積した画像を解析する画像解析装置とを具備し、

前記移動車を一定速度で移動しながら検査用光源から光赤外線を照射することを特徴とする構造物の内部欠陥検出装置。

【請求項4】 前記撮影器は赤外線カメラであることを特徴とする請求項1記載の構造物の内部欠陥検出装置。

【請求項5】 赤外線照射の面積を $S(m^2)$ 、構造物表面での赤外線照射強度を $K(W/m^2)$ 、構造物が赤外線により照射される時間を $T(s)$ とした場合、 $1(kJ) \leq S \cdot K \cdot T$ となることを特徴とする請求項3記載の構造物の内部欠陥検出装置。

【請求項6】 赤外線照射後に前記赤外線カメラにより構造物を撮影するまでの時間を変化させることにより、構造物の深さ方向の欠陥状況を把握することを特徴とする請求項4記載の構造物の内部欠陥検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、特にトンネルや高架橋やマンション等のコンクリート構造物、あるいはモルタル構造物、あるいはセラミック製部品の内部欠陥を検出するための構造物の内部欠陥検出装置に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、トンネル等のコンクリート構造物の崩壊が社会問題化しており、この対策が急務となっている。従来、こうしたコンクリート構造物の劣化の予測や検査は、主として作業者がハンマー等を使って実施する打音検査法に頼っているのが現状である。

【0003】また、最近では、赤外線カメラを利用した

非接触検査方法が知られている。これは、コンクリート構造物に光を照射する複数の光源と、光源により照射された構造物表面を撮影する赤外線カメラ及び可視カメラと、前記光源及びカメラを搭載する撮影車とを備え、内壁表面の温度差により内部の隙間つまり剥離箇所を検査する方式を採用している。

【0004】図7及び図8は従来の非接触検査方法を採用した検査装置の説明図を示し、図7は同検査装置の使用例を、図8は同検査装置のブロック図を示す。検査装置は、トンネル1の内壁面に光を照射する光源2と、この光源2に電気的に接続する電源3と、トンネル1の内壁面の汚れ等を撮影する可視カメラ4と、赤外線カメラ5と、これらカメラ4、5に夫々電気的に接続された画像蓄積装置6、7とを具備している。前記光源2は光源車両（加熱車）8に搭載され、前記カメラ4、5は撮影車9に搭載されている。前記光源車両8及び撮影車9は、動力車10により駆動するようになっている。なお、図7中の付番11は光源部を示す。

【0005】また、赤外線カメラを使用した従来技術としては、「産業上の利用分野として、構造物材、とくに金属材料及び複合材料の欠陥や損傷を非破壊検査する方法」として、特願平1-292255（発明の名称：「非破壊検査方法」、発明者：小倉敬二、阪上隆夫）がある。この発明は、検査対象である構造物材にパルス状の熱負荷を与えて非定常温度場を測定する方法であり、パルス状の熱負荷の具体的な与え方としては、検査対象とする金属材料や複合材料などの構造物材に、直流、交流などのパルス状電流の通電、或いはパルス状レーザー光の照射が手段として記載されている。

【0006】さらに、別の文献1（阪上 他：サーモグラフィによる非破壊評価技術シンポジウム講演論文集 Vol. 2 page. 25-30（1998））では、マイクロ波加熱やXeフラッシュランプによる加熱により、赤外線サーモグラフィで非破壊検査を行なうとする試みがなされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、打音検査法では、劣化の定量的な評価が困難であり、検査する作業者により評価が異なるという問題があった。また、検査に要する時間や人件費が膨大となり非経済的である。

【0008】一方、カメラを利用した非接触検査方法では、深さが5mm程度と浅い欠陥しか検出できないという問題があった。

【0009】また、パルス状電流の通電による方法では、検査対象が金属あるいは金属を含む複合材料では有効であるが、電流がほとんど流れないコンクリート構造物やセラミックに対しては適用することは困難である。また、パルス状レーザーの照射や文献1で示されているXeフラッシュランプによるパルスの加熱では、コン

リート構造物の表面近傍（5mm以下）に対してのみ有効であり、より深い部分の欠陥を検出することができないという問題があった。

【0010】更に、文献1のマイクロ波加熱法は、水を含んだ亀裂に対しては有効であるが、亀裂部や剥離等の欠陥部に水が存在しなければ原理的に適用不可能であり、適用対象が限定されているという問題があった。

【0011】本発明はこうした事情を考慮してなされたので、作業者の熟練に頼らない定量的な評価ができるとともに、検査に要するコストを大幅に低減でき、さらに従来の非接触検査方法と比べて深い欠陥の検査が可能な構造物の内部欠陥検出装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】本願第1の発明は、構造物に赤外線照射して構造物の内部欠陥を検出する装置において、赤外線を構造物に照射する赤外線光源と、この赤外線光源と電気的に接続する赤外線照射時間制御装置と、前記赤外線照射時間制御装置と電気的に接続され、前記赤外線光源により照射された構造物を撮影する撮影器と、前記撮影器に電気的に接続され、撮影器で撮影した画像を蓄積する画像蓄積装置と、前記赤外線照射時間制御装置、画像蓄積装置に夫々電気的に接続され、前記画像蓄積装置で蓄積した画像を解析する画像解析装置とを具備することを特徴とする構造物の内部欠陥検出装置である。

【0013】本願第2の発明は、構造物に赤外線照射して構造物の内部欠陥を検出する装置において、赤外線を構造物に照射する赤外線光源と、前記赤外線光源により照射された構造物を撮影する撮影器と、前記光源及び撮影器を搭載する移動車と、前記撮影器で撮影した画像を蓄積する画像蓄積装置と、前記画像蓄積装置に夫々電気的に接続され、前記画像蓄積装置で蓄積した画像を解析する画像解析装置とを具備し、前記移動車を一定速度で移動しながら検査用光源から赤外線照射することを特徴とする構造物の内部欠陥検出装置である。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明について更に詳しく説明する。第1、第2の発明において、撮影器としては、例えば赤外線カメラが挙げられる。赤外線カメラによりコンクリート等の構造物の剥離を検査できるのは次のような理由による。即ち、例えば、コンクリート内壁の熱は、通常ならばトンネル外壁へと徐々に伝わり、加熱された内壁は一様に冷めて行く。しかし、コンクリート内に剥離と考えられる隙間がある場合、空気が熱を遮断し、内壁表面の温度低下に差が生じる。この現象を赤外線カメラで撮ると、周辺と温度差のある高温部は白く捉えることができる。これが、作業者の目では見ることのできない内部の隙間、つまり剥離箇所となる。

【0015】ここで、構造物に赤外線を照射することにより、従来法で使用されているX線フラッシュランプ等

の光源を使用した場合に比べ、照射する光の波長が長いため、構造物の表面を効率良く加熱することができる。

【0016】第1、第2の発明において、撮影器として赤外線カメラを用いた場合、赤外線カメラにより時間分解して構造物を撮影することが好ましい。ここで、「時間分解」とは、例えば複数の赤外線カメラを用いた場合においては、一定時間間隔において各赤外線カメラで検査対象を撮影することであり、1台の赤外線カメラを用いた場合においては、光源から光を照射後一定時間経過後に赤外線カメラで検査対象を撮影する場合を示す。いずれの場合も、赤外線照射から撮影までの時間と検査対象の深さに相関関係があるため、この赤外線照射から撮影までの時間を任意に変化させることにより、所望の深さの欠陥の情報を得ることができるとする。

【0017】第1の発明において、前記赤外線光源、赤外線照射時間制御装置及び撮影器は地上に設置して使用してもよい、これら部材を搭載する移動用車両を備えていてもよい。

【0018】また、第1の発明と第2の発明において共通する事項として、光照射構造物の深い部分に存在する内部欠陥を効率良く検出するためには、以下の条件を満足する必要がある。

$$1(kJ) \leq S \cdot K \cdot T$$

但し、 $S(m^2)$ は赤外線照射の面積を、 $K(W/m^2)$ は構造物表面での赤外線照射強度を、 $T(s)$ は構造物が赤外線により照射される時間を示す。

【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0020】（実施例1）図1及び図2を参照する。ここで、図1は本実施例1に係る構造物の内部欠陥検出装置の具体的な使用例を示し、図2は同検査装置のブロック図を夫々示す。なお、実施例1は高架橋の壁面の欠陥を検査する例を示す。

【0021】図中の符号21は、高強度の光を高架構22の壁面22aにレンズ系23を介してバースに照射する赤外線光源を示す。この赤外線光源21には、光源の電源24が電気的に接続されている。また、前記赤外線光源21には、赤外線照射時間制御装置25、赤外線カメラ26、画像蓄積装置27、画像解析装置28が順次電気的に接続されている。前記画像解析装置28と赤外線照射時間制御装置25とは電気的に接続されている。前記赤外線光源21及び赤外線カメラ26は兼送用自動車（移動用車両）29に搭載されて移動する。

【0022】こうした構成の内部欠陥検出装置において、地上から高強度の赤外線を赤外線光源21から高架構22の壁面22aに赤外線照射時間制御装置25で設定した時間だけ照射し、一定時間経過後の画像を赤外線カメラ26で検出する。ここで、赤外線照射後の赤外線画像を取り込む時間が長いと、検査しようとするコンク

リートの深さも深くなり、対応関係がある。そこで、この原理を用いて深さ方向の欠陥状態を検査する。

【0023】実施例1によれば、高強度の光を赤外線光源21から高架橋22の壁面22aに赤外線照射時間制御装置25で設定した時間だけ照射し、一定時間経過後の画像を赤外線カメラ26で検出する構成とすることにより、以下に述べる効果を有する。

(1) 従来の打音検査法と比べ、非接触で高速な検査が可能であり、人の顔に頼らない定量的な評価ができる。

(2) 従来の打音検査法と比べ、検査に要するコストを大幅に低減できる。

【0024】(3) 従来の非接触検査方法の場合、5mm程度しか検出できなかったが、本実施例1の場合、最大60mmの深さまで検査が可能となった。

(4) 従来の非接触検査方法と比べ、パルス照射から赤外線画像検出までの時間を変化させることにより、従来技術では困難だった深さ方向に分解能を具備した検査が可能となった。

【0025】(実施例2)図3及び図4を参照する。ここで、図3は本実施例2に係る構造物の内部欠陥検出装置の具体的な使用例を示し、図4は同検査装置のブロック図を夫々示す。但し、図1及び図2と同部材は同付番を付して説明を省略する。なお、実施例2は、トンネルのコンクリート壁を検査する例を示す。

【0026】図中の付番31は、トンネル32の壁面32aに赤外線を照射する赤外線光源を示す。この赤外線光源31は、光源の電源33が電氣的に接続されている。前記赤外線光源31は、動力を兼ねた赤外線光源用車両34に搭載されている。前記赤外線光源31からの光は、トンネル32の湾曲した壁面32aに沿って一定の幅をもって照射される。

【0027】図中の付番26a、26b、26cは、別々な検査車両35に搭載されている赤外線カメラを示す。これらの赤外線カメラ26a～26cは、トンネル32の壁面32aを一定時間間隔で撮影するようになっている。前記赤外線カメラ26a～26cには、夫々画像蓄積装置27a、27b、27cに電氣的に接続されている。また、これらの画像蓄積装置27a～27cには、トンネルの位置を検出するトンネル位置検出器36が電氣的に接続されている。また、前記画像蓄積装置27a～27cには、画像解析装置28が接続されている。なお、図3において、付番37はライン状光照射部を、付番38は撮像エリアを示す。

【0028】こうした構成の実施例2では、赤外線光源31や赤外線カメラ26a～26cを搭載した車両を一定速度で移動しながら、トンネル32の壁面32aの欠陥検査を実施する。これにより、トンネル内部の設定した時間だけ均一に赤外線照射したことと同等の効果を得ることができる。そして、赤外線照射後の一定時間に赤

外線カメラ26a～26cで画像取り込みを実行することにより、深さ方向の欠陥の情報を得ることができる。実施例2によれば、実施例1と同様な効果が得られる。

【0029】(実施例3)図6を参照する。但し、図2と同部材は同付番を付して説明を省略する。本実施例3は、実施例1、2に述べたようなコンクリート構造物ではなく、セラミック製部品41を検査対象としたものである。本実施例3においても、赤外線を赤外線光源21からセラミック製部品41に赤外線照射時間制御装置25で設定した時間だけ照射し、一定時間経過後の画像を赤外線カメラ26で検出する構成とすることにより、実施例1と同様な効果が得られる。

【0030】なお、上記実施例では、赤外線カメラを車両に搭載した場合について述べたが、この他、壁面の汚れ等を検査するために可視カメラも搭載させてもよい。

【0031】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、検査対象に赤外線を照射して赤外線画像を検出することにより、作業者の目に頼らない定量的な評価ができるとともに、検査に要するコストを大幅に低減でき、さらに従来の非接触検査方法では深さ5mm程度が限度であったが、本発明により深さ60mm程度までの深い欠陥の検査ができる、トンネルや高架橋やマンション等のコンクリート構造物、モルタル構造物、セラミック製部品等の検査に適した構造物の内部欠陥検出装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に係る構造物の内部欠陥検出装置の具体的な使用例を示す説明図。

【図2】図1の内部欠陥検出装置のブロック図。

【図3】本発明の実施例2に係る構造物の内部欠陥検出装置の具体的な使用例を示す説明図。

【図4】図3の内部欠陥検出装置のブロック図。

【図5】本発明の実施例3に係る構造物の内部欠陥検出装置のブロック図。

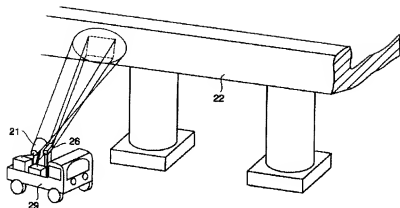
【図6】従来の構造物の内部欠陥検出装置の具体的な使用例を示す説明図。

【図7】図6の内部欠陥検出装置のブロック図。

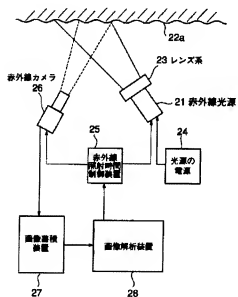
【符号の説明】

- 21…赤外線光源、
- 22…高架橋、
- 23…レンズ系、
- 24、33…光源の電源、
- 25…赤外線照射時間制御装置、
- 26、26a、26b、26c…赤外線カメラ、
- 27、27a、27b、27c…画像蓄積装置、
- 28…画像解析装置、
- 34…赤外線光源用車両、
- 36…トンネル位置検出器、
- 37…ライン状光照射部、

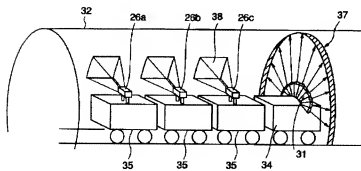
【図 1】



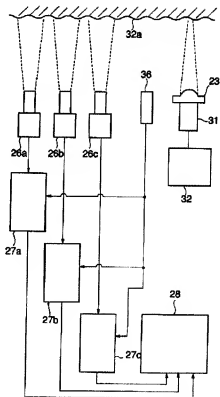
【図 2】



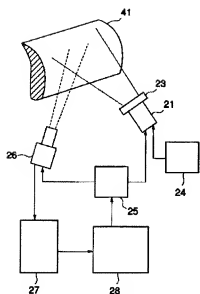
【図 3】



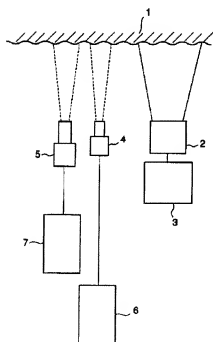
【図 4】



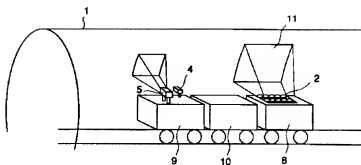
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 岡井 隆

広島県広島市西区鞆音新町四丁目 6 番22号
三菱重工株式会社広島研究所内

F ターム(参考) 2G040 AA06 AA07 BA16 BA25 CA03
DA06 EA06 HA02